

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung DE 102 60 709.5 über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 60 709.5

Anmeldetag: 23. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung von Verbrennungsvorgängen bei Brennstoffen

IPC: F 23 C 11/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der Teile der am 23. Dezember 2002 eingereichten Unterlagen dieser Patentanmeldung unabhängig von gegebenenfalls durch das Kopierverfahren bedingten Farbabweichungen.

München, den 10. Juni 2010
Deutsches Patent- und Markenamt
Die Präsidentin
Im Auftrag

Kahle

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung von Verbrennungsvorgängen bei Brennstoffen

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Beeinflussung von Verbrennungsvorgängen bei Brennstoffen, bei dem elektrische Mittel zur Führung und/oder Änderung einer Flamme an einem Brenner eingesetzt werden. Daneben bezieht sich die Erfindung auch auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens unter Verwendung von stabilisierenden und/oder schadstoffmindernden Mitteln zur Beeinflussung der Flamme beim Verbrennungsvorgang, wobei die Mittel felderzeugende Elektroden am Brenner aufweisen.

15

Die vorteilhaften Einflüsse, die elektrische Felder auf Verbrennungsflammen haben können, sind im Grundsatz seit langem bekannt. Gemäß den Veröffentlichungen

20 - *Industrial and Engineering Chemistry* 43 (1951), Seiten 2726 bis 2731,

- *12th Annual energy-sources technology conf.* (1989), Seiten 25 bis 31 und

- *AIAA Journal* 23 (1985), Seiten 1452 bis 1454

bestehen die Wirkungen des elektrischen Feldes in einer Verbesserung der Stabilität der Flamme. Gemäß

25 - *Combust. Flame* 78 (1989), Seiten 357 bis 364 und

- *Combust. Flame* 119 (1999), Seiten 356 bis 366 ist eine Verringerung der Rußemission und gemäß

- *Fossil Fuel Combustion*, ASME 1991, Seiten 71 bis 75 und

30 - *Fluid Dynamics* 30 (1995), Seiten 166 bis 174

- eine Verminderung der Emission gasförmiger Schadstoffen gegeben.

Aus *Combust. Flame* 55 (1984), Seiten 53 bis 58 ist es auch bekannt, Verbrennungsvorgänge durch elektrische Entladungen, insbesondere Corona-Entladungen zu beeinflussen. Auch hier soll eine Verbesserung der Flammenstabilität und eine Vermin-

35

derung der Schadstoffemission resultieren. Eine technische Anwendung der genannten Effekte wird in der WO 96/01394 A1 beschrieben. Allen oben beschriebenen Verfahren ist gemeinsam, dass die Elektroden, die benötigt werden, um das elektrische Feld oder eine Entladung in der Flamme zu erzeugen, in direktem Kontakt mit der Flamme stehen und zwar in dem Sinne, dass Ladungsträger aus der Flamme ungehindert auf die Elektroden gelangen können.

- 10 Der Einfluss elektrischer Felder auf Flammen beruht darauf, dass auf die in der Flamme vorhandenen oder die dort durch eine Entladung erzeugten Ladungsträger Kräfte ausgeübt werden, welche die Ladungsträger verschieben. Dies ist gleichbedeutend damit, dass ein elektrischer Strom fließt. Im Umkehr-
- 15 schluss ist die Beeinflussung einer Flamme durch ein elektrisches Feld oder eine elektrische Entladung nicht möglich, wenn kein Strom fließen kann.

Untersuchungen bei der Anmelderin haben gezeigt, dass zur Beeinflussung von Flammen technischer Dimensionen, d.h. bei Heizleistungen im Bereich oberhalb 1kW, elektrische Feldstärken notwendig sind, die wegen der in der Flamme induzierten Gasentladungen elektrische Leistungen erfordern, welche die Anwendung des Verfahrens unwirtschaftlich oder technisch unmöglich machen. Im Extremfall kommt es zur Ausbildung eines Lichtbogens innerhalb der Flamme. Dies gilt vor allem für elektrische Gleichfelder. Es kann jedoch kann es auch bei der dem Stand der Technik entsprechenden Anwendung elektrischer Wechselfelder oder gepulster elektrischer Felder zur Ausbildung unzulässiger stromstarker Entladungen kommen.

In der US 3 416 870 A wird dargelegt, dass eine Flamme sich mit elektrischen Mitteln beeinflussen lässt, ohne dass unzulässig hohe, zu einer technisch oder wirtschaftlich nicht vertretbaren Leistungsaufnahme führende Ströme in der zu beeinflussenden Flamme auftreten: Dazu werden wenn die Flamme und mindestens eine der zur Felderzeugung nötigen Elektroden

durch einen Isolierstoff von einander getrennt, derart, dass Ladungsträger aus der Flamme nicht auf die so isolierte Elektrode gelangen können. Zwischen der isolierten Elektrode und einer weiteren Elektrode, die mit der Flamme in Kontakt stehen kann, wird eine zeitlich veränderliche Spannung, d.h. insbesondere eine Wechselspannung oder eine pulsierende Gleichspannung angelegt. In der Flamme kann ein Strom so lange fließen, bis die Kapazität des aus den Elektroden und dem Isolierstoff gebildeten Kondensators aufgeladen ist oder anders ausgedrückt - bis das durch den Verschiebungsstrom und die dadurch bewirkte Ladungsträgeransammlung aufgebaute elektrische Gegenfeld einen weiteren Ladungsträgertransport verhindert. Nach Abtransport der während der Stromflussphase auf der Oberfläche des Isolierstoffs angesammelten Ladungen durch Verlustmechanismen, wie beispielsweise Diffusionsprozesse, kann erneut ein Verschiebungsstrom fließen, und es kommt zu einer erneuten Einwirkung des elektrischen Feldes auf die Flamme.

Experimentelle Untersuchungen an einer Vorrichtung nach dem Prinzip der US 3 416 870 A zeigen, dass der Effekt des elektrischen Feldes vom Tastverhältnis der angelegten Impulsspannung in der Weise abhängt, dass der erzielbare Effekt umso größer ist, je länger tatsächlich eine Spannung anliegt, d.h. je größer das Tastverhältnis ist. Dem zu Folge würde die größte Wirkung beim Anlegen einer Gleichspannung erreicht, wenn auch in diesem Fall ein Strom fließen könnte. Da die Flamme von einer Isolierstoffhülle umschlossen ist, bewirkt das Anlegen einer Gleichspannung ohne besondere weitere Maßnahmen nicht das Fließen eines Stromes und bleibt damit ohne eine Wirkung im angestrebten Sinne.

Davon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren anzugeben und die zugehörige Vorrichtung zu schaffen, mit denen die Verbrennungsvorgänge in wirtschaftlicher Weise positiv beeinflusst werden können.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Maßnahmen des Patentanspruches 1 gelöst. Eine zugehörige Vorrichtung ist Gegenstand des Patentanspruches 7. Weiterbildungen des Verfahrens und/oder der zugehörigen Vorrichtung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Mit der Erfindung lässt sich eine Flamme beeinflussen, ohne dass unzulässig hohe, zu einer technisch oder wirtschaftlich nicht vertretbaren Leistungsaufnahme führende Ströme in der zu beeinflussenden Flamme auftreten. Bei der Einwirkung des elektrischen Feldes auf die Flamme wird der Ladungsträgertransport zwischen Flamme und Elektroden begrenzt und insbesondere das Auftreten selbständiger Entladungen vermieden.

Letzteres wird bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dadurch realisiert, dass die Flamme und mindestens eine der zur Felderzeugung nötigen Elektroden durch einen ionenleitenden Isolierstoff voneinander getrennt werden, wodurch Ladungsträger aus der Flamme nicht auf die so isolierte Elektrode gelangen können. Als ionenleitendes Material wird entweder Aluminiumoxid oder insbesondere ein mit Zusätzen stabilisiertes Zirkoniumoxid verwendet. Solche Zusätze sind insbesondere Yttriumoxid.

Zusätzliche Vorteile der Erfindung ergeben sich, wenn dem System Sensoren und Regelvorrichtungen zugeordnet werden, die die an den Elektroden anliegende Spannung so steuern, dass der Verbrennungsprozess in gewünschter Weise beeinflusst wird. Vorteilhafterweise sind Sensoren vorhanden, von denen einer die Frequenz etwa vorhandener Verbrennungsschwingungen und ein anderer die Schadstoffkonzentration misst. Sensoren liefern das Eingangssignal zu einer Regelungseinheit, die Frequenz, Amplitude und Phase der an die Elektroden angelegten Spannung so steuert, dass die Verbrennungsschwingungen minimiert werden.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Figurenbeschreibung anhand der Zeichnung in Verbindung mit den Patentansprüchen. Die Figuren 1 bis 3 zeigen in jeweiliger schematischer Schnittdarstellung drei unterschiedliche Ausführungsbeispiele der Erfindung.

In den Figuren haben gleiche oder gleich wirkende Teile gleiche Bezugszeichen. Die Figuren werden nachfolgend teilweise gemeinsam beschrieben.

Gemäß Figur 1 wird die von einem Brenner 1 für gasförmige, flüssige oder in Gasen oder Flüssigkeiten transportierte, pulverförmig aufbereitete feste Brennstoffe erzeugte Flamme 2 von einer Isolierstoffhülle 3 so ummantelt, dass an einem Ende 4 der Umhüllung der Brennstoff ein- und an der anderen Seite 5 das Verbrennungsabgas austritt. Die Isolierstoffhülle 3 besteht aus ionenleitendem Stoff als einem spezifischen, hochtemperaturfesten keramischen Material, das bei Temperaturen von einigen hundert Kelvin, wie sie in der Nähe der Gasflammen in Gasturbinen erreicht werden, durch Ionenleitung elektrisch leitend wird.

Ein Stoff mit derartigen Eigenschaften ist insbesondere Aluminiumoxid oder mit Zusätzen stabilisiertes Zirkoniumoxid, die ionenleitende Eigenschaften haben. Insbesondere der zweitgenannte Stoff wird bei festelektrolytkeramischen Hochtemperatur-Brennstoffzellen, die auch als SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) bekannt sind, verwendet. Dort ermöglicht dieses Material den Ladungsträgertransport - in diesem Fall über den ionenleitenden Elektrolyten - bei hinreichend hohen Temperaturen.

In Figur 1 ist eine Elektrode 6 innerhalb der Umhüllung 3 angeordnet. Die innerhalb der Umhüllung 3 angeordnete Elektrode 6 kann auch das Gehäuse 1 oder ein anderes elektrisch leitendes Teil des Brenners 1 sein wie es in Figur 2 dargestellt ist.

Eine weitere Elektrode 7 ist außerhalb der Umhüllung 3 angebracht. Sowohl innerhalb als auch außerhalb der Umhüllung 3 können mehrere Elektroden gleichen oder unterschiedlichen Potentials vorhanden sein, wobei für die technische Funktion
5 nachfolgend der Einfachheit halber immer nur von einer inneren und einer äußeren Elektrode gesprochen wird.

In den Ausführungsbeispielen der Figuren 1 und 3 sind die
10 Verbindungen der Elektroden 7 bzw. 9 mit dem Netzteil 8 durch Isolierdurchführungen 12 bzw. 13 von der Isolierstoffhülle 3, welche die Brennkammer 5 umgibt, galvanisch getrennt.

Die in den einzelnen Figuren beispielhaft als torusförmige
15 Ringelektroden oder auch als Zylinderelektroden dargestellten Elektroden können auch in anderer geeigneter Gestalt ausgeführt sein. Insbesondere können die Elektroden aus Folien bestehen und auf die Isolierstoffhülle aufgeklebt sein. Ferner können die Elektroden auf die Isolierstoffumhüllung mittels
20 geeigneter Verfahren aufgedampft oder aufgespritzt werden.

In den Figuren sind die Elektroden 6, 7 bzw. 1, 7 bzw. 9, 11 durch Zuleitungen mit dem Netzteil 8 verbunden, das eine Gleichspannung liefert. Ein Vorteil der Erfindung besteht
25 darin, dass die angegebene Vorrichtung auch die Anwendung einer Wechselspannung, einer getakteten Gleichspannung, einer Impulsspannung oder beliebiger Kombinationen davon gestattet.

Die Isolierstoffumhüllung 3 kann so ausgelegt sein, dass sie
30 wie in den Ausführungsbeispielen der Figuren 1 und 2 angedeutet - die Brennkammer 5 umhüllt. Sie kann jedoch auch innerhalb einer Brennkammer eine einzelne Flamme oder auch mehrere Flammen umschließen. In einer Brennkammer können mehrere Isolierstoffhüllen mit den ihnen zugeordneten Elektroden eine
35 oder jeweils mehrere Flammen umschließen.

Im Ausführungsbeispiel der Figur 3 wird die Elektrode 9 dadurch von der Flamme 2 abgeschirmt, dass sie vollständig und formschlüssig mit einer Isolierstoffhülle 10 ummantelt ist, während die Elektrode 11 in direktem Kontakt mit der Flamme stehen kann.

Statt des gasförmigen Brennstoffes können auch Feststoffe in der gleichen Weise behandelt werden. Wesentlich ist hierbei, dass über dem Festbrennstoff, der sich im Normalfall auf einem Rost befindet, kleinere Flammen bilden, die als sogenannte Flamelets bezeichnet werden und die im oben beschriebenen Sinne beeinflusst werden.

Der wesentliche Vorteil der anhand der einzelnen Figuren beschriebenen Anordnungen besteht darin, dass der Strom durch die Flamme zwar ausreicht, um schadstoffmindernde und stabilisierende Effekte zu bewirken, jedoch immer soweit begrenzt bleibt, dass der Aufbau einer strom- und leistungsstarken Entladung ausgeschlossen ist.

Zur Komplettierung der in den Figuren dargestellten Beispiele lassen sich dem System Sensoren und Regelungsvorrichtungen zuordnen: Ein erster Sensor erfasst die Frequenz und/oder Amplitude etwa vorhandener Verbrennungs-Schwingungen. Ein zweiter Sensor misst die Schadstoffkonzentration im Abgasstrom der Flamme. Die Sensoren liefern Eingangssignale zu einer Regelungseinheit, welche die an den Elektroden anliegende Gleichspannung und Frequenz, Amplitude und Phase einer der Gleichspannung etwa überlagerten Wechsel- oder Impulsspannung derart steuert bzw. regelt, dass die Verbrennungsschwingungen und die Schadstoffkonzentration im Abgas minimal wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung von Verbrennungsvorgängen bei Brennstoffen, bei dem elektrische Mittel zur Führung und/oder
5 Änderung einer Flamme verwendet werden, mit folgenden Maßnahmen:
- die Flamme wird der Einwirkung eines elektrischen Feldes ausgesetzt,
- dabei wird ein Ladungsträgertransport von der Flamme zu
10 mindestens einer der felderzeugenden Elektroden oder umgekehrt dadurch begrenzt, dass die Flamme und die Elektrode durch einen ionenleitenden Stoff voneinander getrennt werden,
- wodurch das Auftreten selbständiger Entladungen vermieden
15 wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , dass durch die Ionenleitung ein tempera-
turabhängiger Übergang vom isolierenden in einen leitenden
20 Zustand erfolgt, wobei die Leitfähigkeit so gering bleibt, dass der Strom durch die Flamme auf zulässige Werte begrenzt bleibt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -
25 z e i c h n e t , dass durch die Beeinflussung der Verbrennungsvorgänge störende stromstarke Entladungen im Sinne eines Lichtbogens verhindert werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a -
30 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass ein vorge-
misches Gas als Brennstoff verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die elektri-
35 schen Mittel eine stabilisierende und/oder schadstoffmindernde Wirkung entfalten.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da -
durch gekennzeichnet, dass thermoakus-
tische Emissionen vermindert werden.

5 7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch
1 oder einem der Ansprüche 2 bis 6 unter Verwendung von sta-
bilisierenden und/oder schadstoffmindernden Mitteln zur Be-
einflussung der Flamme beim Verbrennungsvorgang, wobei die
Mittel felderzeugende Elektroden aufweisen und mindestens ei-
10 ne der Elektroden durch eine Isolierstoffhülle von der Flamme
getrennt ist, da durch gekennzeichnet, dass die Isolierstoffhülle (3) aus einem ionenleitenden Mate-
rial besteht, was verhindert, dass Ladungsträger aus der
Flamme (2) auf die Elektrode (7, 9) treffen.

15

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, da durch ge-
kennzeichnet, dass das Material bei Temperatu-
ren von einigen 100 K durch die Ionenleitung in den leitenden
Zustand übergeht.

20

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 und 8, da durch ge-
kennzeichnet, dass das ionenleitende Material
Aluminiumoxid ist.

25 10. Vorrichtung nach Anspruch 7 und 8, da durch
gekennzeichnet, dass das ionenleitende Mate-
rial ein mit Zusätzen stabilisiertes Zirkoniumoxid ist.

30 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, da durch ge-
kennzeichnet, dass die Zusätze Yttriumoxid
sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 7, da durch ge-
kennzeichnet, dass die Isolierstoffhülle (3)
35 die Flamme (2) derart umgibt, dass an ihrem einen Ende der
Brennstoff eintritt und am anderen Ende das Verbrennungsabgas
austritt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass zumindest eine weitere
Elektrode (1, 9) vorhanden ist, die nicht von einer Isolier-
5 stoffhülle (3) umgeben ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass sich innerhalb der Isolier-
stoffhülle (3) die weitere Elektrode (9) befindet.

10

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die innerhalb der Isolier-
stoffhülle (3) angeordnete Elektrode durch ein Gehäuse oder
ein anderes elektrisch leitendes Teil des Brenners (1) gebil-
15 det ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 15, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Elek-
troden (7, 9) auf gegenüber der ersten Elektrode (1) unter-
20 schiedlichem Potential liegen.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 16, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass mindestens
eine der Elektroden (7) formschlüssig von der Isolierstoff-
25 hülle (3) anliegt.

18. Vorrichtung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Elektroden (7, 9) unter-
schiedlichen Potentials von der Isolierstoffhülle (3) galva-
30 nisch getrennt sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Isolierstoffhülle (3)
elektrisch isolierende Durchführungen (10) aufweist.

35

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 18, da durch gekennzeichnet, dass die Elektroden (7, 9) torusförmige Ringelektroden bilden.

5 21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 20, da durch gekennzeichnet, dass die Elektroden (7, 9), Zylinderelektroden bilden.

10 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 21, da durch gekennzeichnet, dass die Elektroden (7, 9) durch auf die Isolierstoffhülle außen aufgebrachte Folien und/oder durch Aufdampfen oder Aufspritzen hergestellte Schichten gebildet werden.

15 23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 22, da durch gekennzeichnet, dass die Elektroden (1, 7; 1, 9; 6, 7) durch Zuleitungen mit einem Netzteil (8) verbunden sind.

20 24. Vorrichtung nach Anspruch 23, da durch gekennzeichnet, dass das Netzteil (8) eine Gleichspannung liefert.

25 25. Vorrichtung nach Anspruch 23, da durch gekennzeichnet, dass das Netzteil (8) eine getaktete Gleichspannung, eine Wechselspannung oder eine Impulsspannung liefert.

30 26. Vorrichtung nach Anspruch 23, da durch gekennzeichnet, dass das Netzteil (8) eine getaktete Gleichspannung, eine Wechselspannung oder eine Impulsspannung liefert, die einer konstanten Gleichspannung überlagert sind.

35 27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 26, da durch gekennzeichnet, dass Sensoren für die Frequenz und/oder Amplitude von Verbrennungsschwingungen

und/oder die Schadstoffkonzentration im Abgasstrom vorhanden sind, wobei durch wenigstens eine Steuer und/oder Regelvorrichtung Frequenz, Amplitude und Phase der an die Elektrode angelegten Spannung so gesteuert bzw. geregelt wird, dass die
5 Verbrennungsschwingungen bzw. die Schadstoffkonzentration minimiert werden.

Bezugszeichenliste

Figur 1

5	1	Brenner
	2	Flamme
	3	Isolierstoffhülle, Brennkammer
	4	Brennstoffeintritt
10	5	Abgasaustritt
	6	Elektrode
	7	Elektrode
15	8	Netzteil
	9	Elektrode
	10	Isolierstoffhülle
	11	Elektrode
20	12	Durchführung
	13	Durchführung

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung von Verbrennungsvorgängen bei Brennstoffen

5

Bekannt ist es, elektrische Mittel zur Führung und/oder Änderung einer Flamme einzusetzen. Gemäß der Erfindung wird die Flamme der Einwirkung eines elektrischen Feldes ausgesetzt, wobei durch eine Isolierstoffhülle (5) aus ionenleitendem Material der Ladungstransport zwischen Flamme (2) und felderzeugender Elektrode (7, 9) unterbunden wird.

10

FIG 1

FIG 1

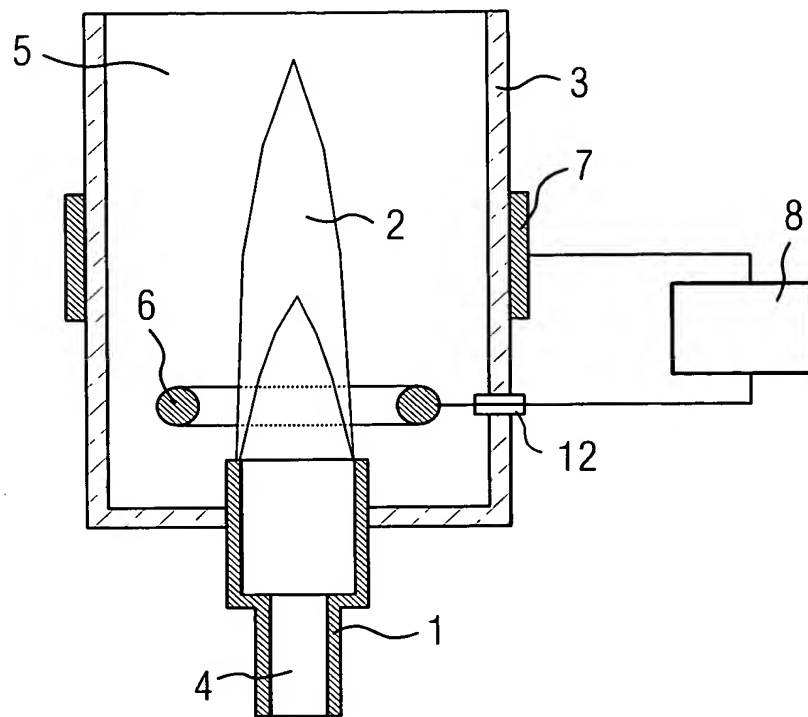


FIG 2

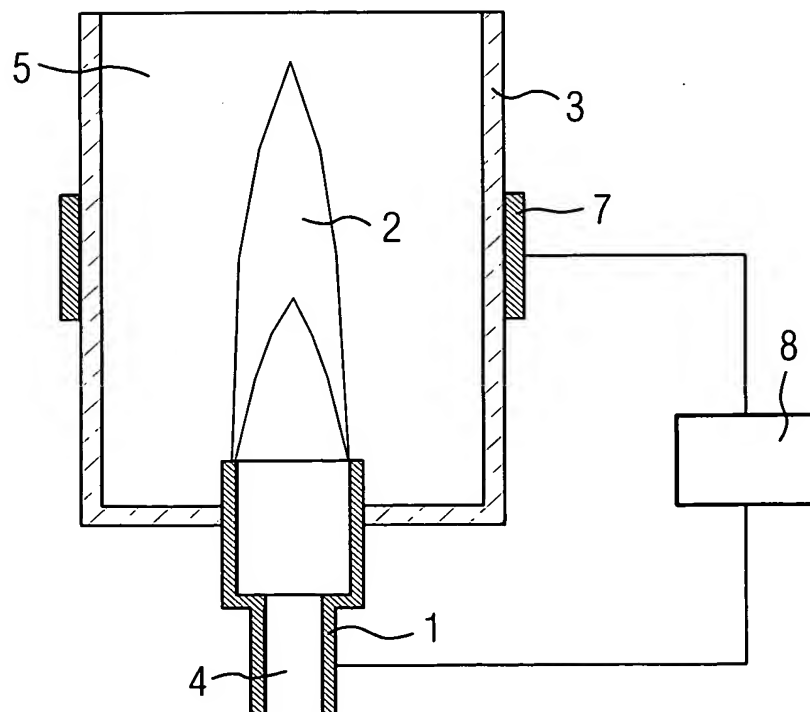


FIG 3

